

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 11260688  
PUBLICATION DATE : 24-09-99

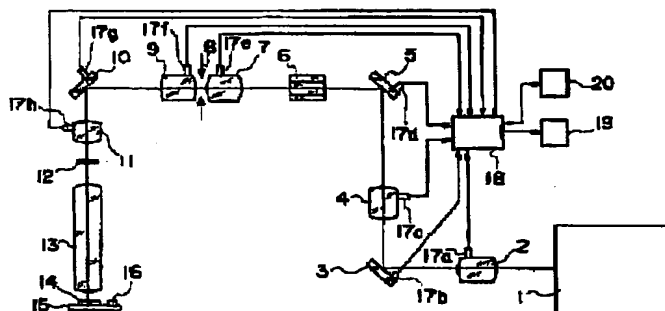
APPLICATION DATE : 11-03-98  
APPLICATION NUMBER : 10059660

APPLICANT : NIKON CORP;

INVENTOR : MURAYAMA MASAYUKI;

INT.CL. : H01L 21/027 G01N 21/88 G03F 7/20

TITLE : PROJECTION ALIGNER



**ABSTRACT :** PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a projection aligner, capable of readily detecting a contaminated state of an optical element arranged in an aligning light path.

**SOLUTION:** ArF excimer laser lights from an aligning light source 1 are irradiated on a reticle 12 by an illuminating optical system constituted by a plurality of optical elements (a beam rectifying lens 2, a mirror 3, a beam expander lens 4, a mirror 5, a fly eye lens 6, a first relay lens 7, a reticle blind 8, a second relay lens 9, a mirror 10, a condenser lens 11), and an image of the pattern of the reticle 12 is coupled to a wafer 14 by a projection optical system 13. In this case, light acoustic sensors 17a to 17h for detecting the optical characteristic change of a contamination state of the optical elements 2 to 5, 7, 9 to 11 are provided in the plurality of optical elements 2 to 5, 7, 9 to 11.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-260688

(43)公開日 平成11年(1999) 9月24日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
H 0 1 L 21/027  
G 0 1 N 21/88  
G 0 3 F 7/20

識別記号

5 0 2

F I

H 0 1 L 21/30  
G 0 1 N 21/88  
G 0 3 F 7/20  
H 0 1 L 21/30

5 1 5 D  
E  
5 0 2  
5 1 6 Z

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平10-59660

(22)出願日 平成10年(1998) 3月11日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 村山 正幸

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
式会社ニコン内

(74)代理人 弁理士 永井 冬紀

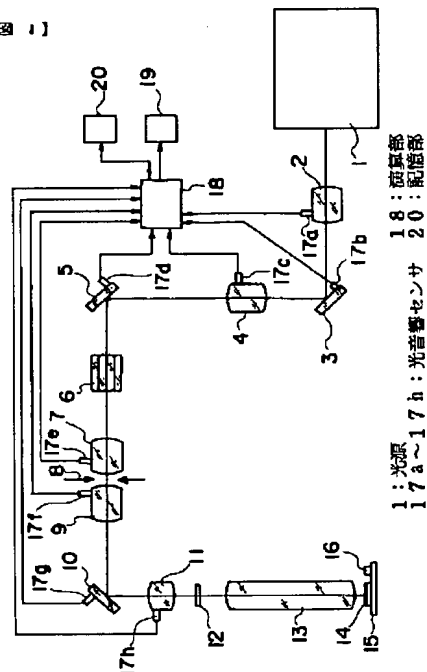
(54)【発明の名称】 投影露光装置

(57)【要約】

【課題】 露光光路中に配設された光学素子の汚染状態を容易に検出することができる投影露光装置の提供。

【解決手段】 露光用光源1からのArFエキシマレーザ光を複数の光学素子(ビーム整形レンズ2, ミラー3, ビームエキスパンダーレンズ4, ミラー5, フライアイレンズ6, 第1リレーレンズ7, レチクルブラインド8, 第2リレーレンズ9, ミラー10, コンデンサレンズ11)で構成される照明光学系によりレチクル12に照射し、投影光学系13によりレチクル12の 패턴の像をウェハ14上に結像する投影露光装置において、複数の光学素子2~5, 7, 9~11に、光学素子2~5, 7, 9~11の汚染状態を光学特性変化を検出する光音響センサ17a~17hを設けた。

【図 1】



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 露光用光源からの露光光で照明されたパターンの像を感光性基板上に結像する光学系を備える投影露光装置において、

前記光学系を構成する複数の光学素子の少なくとも一つに設けられ、前記光学素子の光学特性変化を検知するセンサと、

前記センサの検知結果に基づいて前記光学素子の汚染状態を検出する検出手段とを設けたことを特徴とする投影露光装置。

【請求項2】 露光用光源からの露光光で照明されたパターンの像を感光性基板上に結像する光学系を備える投影露光装置において、

前記光学系を構成する光学素子群を各々独立した異なる空間に収納し、

前記空間に収納された前記光学素子群を構成する光学素子の少なくとも一つに設けられ、前記光学素子の光学特性変化を検知するセンサと、

前記センサの検知結果に基づいて前記光学素子の汚染状態を検出する検出手段とを設けたことを特徴とする投影露光装置。

【請求項3】 請求項1または2に記載の投影露光装置において、

前記センサを前記露光光の集光点付近に配設された光学素子に設けたことを特徴とする投影露光装置。

【請求項4】 請求項1～3のいずれかに記載の投影露光装置において、

前記光学系は前記露光光で前記パターンを照明する照明光学系を具備し、

前記パターンを照明する照明条件を種々に設定する照明条件設定手段と、

前記照明条件設定手段によって設定される種々の照明条件に応じた光学特性変化補正パラメータが記憶される記憶部とを備え、

前記検出手段は、検知された光学特性変化を前記照明光学系の照明条件に応じた前記補正パラメータで補正し、その補正された光学特性変化に基づいて汚染状態を検出することを特徴とする投影露光装置。

【請求項5】 露光用光源からの露光光で照明されたパターンの像を感光性基板上に結像する光学系を備える投影露光装置において、

前記光源からの露光光を露光光路外へ分岐する光路分岐手段と、

露光光路外に設けられ、前記光路分岐手段によって分岐された露光光が入射する汚染検出用光学素子と、

前記光学素子の光学特性変化を検知するセンサと、

前記センサの検知結果に基づいて前記光学素子の汚染状態を検出する検出手段とを設けたことを特徴とする投影露光装置。

【請求項6】 請求項1～5のいずれかに記載の投影露

光装置において、

前記センサにより検知される前記光学素子の光学特性変化量が所定値より大ならば、前記光学素子の光学特性を不良と判定する判定手段を設けたことを特徴とする投影露光装置。

【請求項7】 請求項1～6のいずれかに記載の投影露光装置において、

前記センサは、前記光学素子の光吸収率変化を前記光学特性変化として検知することを特徴とする投影露光装置。

【請求項8】 請求項1～7のいずれかに記載の投影露光装置において、

前記センサは、前記露光光が前記光学素子に照射された時に生じる音響信号を検出する音響センサからなることを特徴とする投影露光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、紫外線や遠紫外線を露光光として用いる投影露光装置に関する。

## 【0002】

【発明の背景】半導体素子または液晶基板等を製造するためのリソグラフィ工程において、レチクル（フォトリソマスク等）のパターン像を投影光学系を介して感光基板上に露光する露光装置が使用されている。近年、半導体集積回路は微細化の方向で開発が進み、リソグラフィ工程においては、より微細化を求める手段としてリソグラフィ光源の露光波長を短波長化する方法が考えられている。

【0003】現在、波長248nmのKrFエキシマレーザをステッパ光源として採用した露光装置がすでに開発されている。また、Ti:サファイアレーザ等の波長可変レーザの高調波、波長266nmのYAGレーザの4倍高調波、波長213nmのYAGレーザの5倍高調波、波長220nm近傍または184nmの水銀ランプ、波長193nmのArFエキシマレーザ等が短波長光源の候補として注目されている。

【0004】ところで、紫外波長域の照明光（例えば、波長248nmのKrFエキシマレーザ、あるいは波長193nmのArFエキシマレーザ等）を用いた場合、照射により投影光学系内の光学素子、あるいは光学素子のコート材（例えば、反射防止膜等の薄膜）の透過率または反射率が変化するといった現象が生じることが知られている。このような透過率が変化する現象は、投影光学系内の光学素子に限らず、レチクルを照明する照明光学系やクリーンルームの床下に配置される光源から射出される照明光を露光装置本体内の照明光学系に導く送光系内の光学素子などにも同様に発生する。

【0005】このような現象は、投影光学系の光路内や照明光学系の光路内の空間に存在する気体（空気、窒素ガス等）中に含まれる不純物、例えば、水分子、ハイド

ロカーボンの分子等が光学素子の表面に付着することにより生じると考えられ、その結果、投影光学系、照明光学系および送光系の透過率または反射率が変化する。

【0006】ところで、ArFエキシマレーザ光のような紫外波長域の光はその波長が酸素の吸収スペクトル領域と重なるために、露光光が光路中の酸素分子に吸収されて光利用率の低下やオゾンの発生という不都合が生じる。オゾンの発生は透過率（光利用効率）に悪影響を及ぼすばかりでなく、光学素子表面や光学素子を保持する鏡筒等の他の部品にまで悪影響を及ぼし、装置性能の劣化等を引き起こす。

【0007】以上のようなことから、ArFエキシマレーザ等の光源を用いる露光装置では、光の透過率の低下やオゾンの発生を回避するために、光路全体を清浄な不活性ガスで満たして光路中の酸素濃度を下げることが良く知られている（例えば、特開平6-260385号公報）。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の露光装置では、光学素子は不活性ガスで満たされた気密性の良い装置内に納められている。そのため、光学特性の変化は、感光基板が載置されるステージに設けられた光量センサを用いて投影光学系から射出される露光光の光量変化または照度変化に基づいて判断されており、個々の光学素子の特性変化を監視することが困難であった。したがって、光学素子自身の光学特性（透過率や反射率等）が変化した場合でも、ある程度汚染が進んで露光光の光量変化または照度変化が認められるようになってからでないと光学素子自身の光学特性変化を発見することができず、場合によっては、汚染物質が光学素子表面に強固に付着してしまい除去が困難になってしまうおそれがあった。

【0009】本発明の目的は、露光光路中に配設された光学素子の汚染状態を容易に検出することができる投影露光装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】発明の実施の形態を示す図1、2および4に対応付けて説明する。

(1) 図1に対応付けて説明すると、請求項1の発明は、露光用光源1からの露光光で照明されたパターンの像を感光性基板14上に結像する光学系を備える投影露光装置に適用され、光学系を構成する複数の光学素子2～5、7、9～11に設けられ、光学素子2～5、7、9～11の光学特性変化を検知するセンサ17a～17bと、センサ17a～17bの検知結果に基づいて光学素子2～5、7、9～11の汚染状態を検出する検出手段18とを設けることにより上述の目的を達成する。

(2) 図1および図2に対応付けて説明すると、請求項2の発明は、露光用光源1からの露光光で照明されたパターンの像を感光性基板14上に結像する光学系を備え

る投影露光装置に適用され、光学系を構成する光学素子群(2)、(3、4)、(5～11)を各々独立した異なる空間21a、21b、21cに収納し、空間21a、21b、21cに収納された光学素子群(2)、(3、4)、(5～11)を構成する光学素子2～5、7、9～11に設けられ、光学素子2～5、7、9～11の光学特性変化を検知するセンサ17a～17hと、センサ17a～17hの検知結果に基づいて光学素子2～5、7、9～11の汚染状態を検出する検出手段18とを設けることにより上述の目的を達成する。

(3) 請求項3の発明は、請求項1または2に記載の投影露光装置において、センサ17e、17fを露光光の集光点付近に配設された光学素子7、9に設けた。

(4) 請求項4の発明は、請求項1～3のいずれかに記載の投影露光装置において、光学系は露光光でパターンを照明する照明光学系2～11を具備し、パターンを照明する照明条件を種々に設定する照明条件設定手段8と、照明条件設定手段8によって設定される種々の照明条件に応じた光学特性変化補正パラメータ（例えば、光学素子が汚染されていない状態でのセンサの検出値（初期値）を照明条件毎に予め求めておく）が記憶される記憶部20とを備え、検出手段17a～17h、18は、検知された光学特性変化を照明光学系2～11の照明条件に応じた補正パラメータで補正し、その補正された光学特性変化に基づいて汚染状態を検出する。

(5) 図4に対応付けて説明すると、請求項5の発明は、露光用光源1からの露光光で照明されたパターンの像を感光性基板14上に結像する光学系を備える投影露光装置に適用され、光源1からの露光光を露光光路外へ分岐する光路分岐手段41と、露光光路外に設けられ、光路分岐手段41によって分岐された露光光が入射する汚染検出用光学素子42と、光学素子42の光学特性変化を検知するセンサ17と、センサ17の検知結果に基づいて光学素子42の汚染状態を検出する検出手段18とを設けて上述の目的を達成する。

(6) 請求項6の発明は、請求項1～5のいずれかに記載の投影露光装置において、センサ17、17a～17hにより検知される光学素子2～5、7、9～11、42の光学特性変化量が所定値より大ならば、光学素子2～5、7、9～11、42の光学特性を不良と判定する判定手段18を設けた。

(7) 請求項7の発明は、請求項1～6のいずれかに記載の投影露光装置において、センサ17、17a～17hは、光学素子2～5、7、9～11、42の光吸収率変化を光学特性変化として検知する。

(8) 請求項8の発明は、請求項1～7のいずれかに記載の投影露光装置において、センサ17、17a～17hは、露光光が光学素子に照射された時に生じる音響信号を検出する音響センサからなる。

【0011】なお、本発明の構成を説明する上記課題を

解決するための手段の項では、本発明を分かり易くするために発明の実施の形態の図を用いたが、これにより本発明が発明の実施の形態に限定されるものではない。

#### 【0012】

【発明の実施の形態】以下、図1～図4を参照して本発明の実施の形態を説明する。

##### －第1の実施の形態－

図1は本発明による投影露光装置の第1の実施の形態を説明する図であり、露光装置の概略構成を示す図である。図1では、主に照明および結像に係る光学系を示し、その他の部分は省略した。1は紫外光であるArFエキシマレーザ光を出射する光源であり、光源1から出射された光はビーム整形レンズ2により所定の形状に整形された後、ミラー3で反射されてビームエキスパンダーレンズ4に入射する。ビームエキスパンダーレンズ4に入射した光束は所定の大きさに拡大された後、ミラー5により反射されてオブチカルインテグレートとしてのフライアイレンズ6に導かれ、照度が均一化されるとともに照明範囲が決定される。

【0013】フライアイレンズ6からの光は第1リレーレンズ7によりレチクル共役面に結像される。そのレチクル共役面には、露光範囲を制限するためのレチクルブラインド8が配設される。レチクルブラインド8を通過した光は第2リレーレンズ9、ミラー10およびメインコンデンサレンズ11を介してレチクル12に照射される。レチクル12にはパターンが形成されており、レチクル12を透過した光は投影光学系13によりウェハ14に照射され、レチクル12のパターンの像がウェハ14上に結像される。なお、投影光学系13は光軸方向に配列された多数の光学素子を有する。

【0014】ウェハステージ15にはウェハ14に照射されるレーザ光の光量を測定するための光量センサ16が設けられており、投影光学系13からのレーザ光を光量センサ16で検出することによって所定の光量となっているか否かを確認する。17a～17hは、光学素子2～5、7、9～11の光学特性の変化により生じる音響信号を検出するための光音響センサであり、光音響センサ17a～17hの信号は演算部18へ送られる。光音響センサ17a～17hは光学特性の変化として光吸収率を検知するものであり、各光学素子に音響マッチング材（例えば、シリコングリースなど）により音響整合が取られた状態で接合されている。光学素子に対する光音響センサ17a～17hの接合位置は光学素子表面であっても周縁面でも良いが、好ましくは照明光が入射するレンズ面に取り付けるのが良い。この面は汚染物質が付着しやすい面なので、光学素子の光学特性をいち早く検出できる。光学素子2～5、7、9～11に汚染物質が付着した場合、光学素子2～5、7、9～11の光吸収率が変化し、光音響センサから出力される音響信号が変化する。演算部18では光音響センサ17a～17h

の音響信号の変化に基づいて、光学素子2～5、7、9～11の光学特性（透過率）の変化状態、すなわち光学素子の汚染状態を検出する。19は検出された結果等を表示する表示装置であり、20は演算に用いられるパラメータや演算結果が記憶される記憶部である。なお、光音響センサによる光学特性計測は光音響測定法と呼ばれるが、その詳細については後述する。

【0015】前述したように、光路全体を窒素ガス等の不活性ガスで満たす必要から、図1に示した各光学素子は不活性ガスで置換された筐体内に収納されている。例えば、照明光学系を構成するビーム整形レンズ2からコンデンサレンズ11までの光学素子は、図2に示すような筐体21内に収納される。筐体21は三つの独立した気密空間21a～21cを有しており、ビーム整形レンズ2は気密空間21aに、ミラー3およびビームエキスパンダーレンズ4は気密空間21bに、ミラー5および10、フライアイレンズ6、リレーレンズ7および9、レチクルブラインド8、コンデンサレンズ11は気密空間21cに収納されている。また、各気密空間21a～21cには配管L1～L3を介して窒素ガス供給源24から窒素ガスが供給され、配管L4、L5を介して排気装置25により排出される。また、光源1は蛇腹23を介して筐体21に取り付けられる。なお、図2では光音響センサ17a～17hを省略して示した。

【0016】次いで、光音響測定法について説明する。光学素子に光を照射すると光吸収による熱が発生して温度上昇が生じるが、断続光を照射した場合には、温度上昇による体積膨張と次の光が照射される間の膨張緩和とによって生じる体積変化を示す音響波振動が光学素子に発生する。この音響波に応じて光音響センサ17a～17dは音響信号を出力し、その音響信号から光学素子の光吸収率の変化を検知する。このようにして光学素子の光吸収率を検知することは、光音響測定法と呼ばれている。音響波を検出する光音響センサとしては、マイクロフォンや、光学素子またはその保持部材に取り付けられた圧電素子トランスジューサ（音響検知素子の一つ）などが用いられる。音響信号は熱緩和と同程度のオーダー（psecオーダー）で発生するので、音響伝搬の時間を考慮しても数 $\mu$ sec～数十 $\mu$ secでの計測が可能であり、高速・高感度な測定を行うことができる。

【0017】このようにして得られた信号の強度や位相などを解析することにより、音響波発生の原因である物質の無輻射遷移に関する様々な情報を得ることができる。音響波信号の大きさと光吸収量との関係は様々なケースで理論的な計算が試みられている（例えば、J. App. Phys. vol. 47, No. 1, pp. 64.）が、低吸収の領域においては、音響信号（トランスジューサの場合には圧力信号）と吸収された光量とは比例関係にあるというのが一般的に共通した結果であり、このことは実験的にも確認されている。なお、光音響センサとして圧電素子トランスジ

ユーサを用いる場合にも、音響整合をとって光学素子に取り付けるようにする。

【0018】音響信号から光吸収率の変化を検知する方法は様々であるが、図3(a)に示すように時間的な信号波形のあるピーク値Aに注目したり、図3(b)のように周波数成分の特定の周波数における振幅値Bに注目したりする方法が一般的である。図3(c)は上記評価方法におけるピーク値Aまたは振幅値Bの時間変動に基づいて検知される光学素子の光吸収率 $\alpha$ の時間変化を示したものであり、時間 $t_0$ までは光学素子の光吸収率は汚染のない時の値 $\alpha_0$ のままであるが、 $t_0$ 以後は光吸収率 $\alpha$ は増加している。すなわち、時間 $t_0$ 以後は汚染等によって光学特性が変化していることを表している。演算部18では、この光吸収率 $\alpha$ の値の変化によって光学素子の光学特性の良否(汚染されているか否か)を判定する。判定の基準としては、(1)光吸収率 $\alpha$ が初期値 $\alpha_0$ より大きくなったときに不良と判定したり、

(2)光吸収率の許容値 $\alpha_1$ より大きくなったときに不良と判定すれば良い。このように、現在の光吸収率の値と光学素子が初期状態にある時の光吸収率の値とを比較することによって光学特性変化を判定するようにしても良いし、検出中の光吸収率の値の変化量を演算部18で求めて特性変化を検出するようにしても良い。

【0019】ところで、照明光学系内に設置された開口絞りの形状(露光条件)を変更すると、音響センサが接合された光学素子に照射されるレーザ光の照射範囲(照射面積)が変化する。例えば、レチクルブラインドによって照射領域が成形されているような場合である。このような場合には音響センサで得られる信号にも変化が起きる。この変化は光学素子表面の汚染によるものではないので、予め照明条件毎に光学素子が汚染されていない状態を示す値(初期値)を記憶部20に記憶させておく。そして、露光条件が変更されたならばその条件に応じた初期値に基づいて上記のごとく光学特性の良否を判定するようにすれば良い。

【0020】(1)本実施の形態では、図1に示すように光学素子2~5, 7, 9~11の各々に音響センサ17a~17hを設けて光学素子2~5, 7, 9~11の光学特性をモニターしているため、従来のようにウェハ14における露光光の光量変化が許容範囲以上に変化する前に、光学特性の変化(光吸収率の変化)を調べることによって光学素子の汚染状態を容易に検出することができる。したがって、光学素子の汚染状態が許容範囲を越えた場合には感光基板への露光光の照射を行わず、光学素子表面に露光光または露光光と同じ波長の光を照射し、光洗浄を行うことができる。

(2)また、各光学素子に音響センサを設けているので各光学素子毎に汚染状態を調べることができ、どの光学素子が汚染されているかを特定することが可能となり、汚染された光学素子のみを交換または洗浄すること

が可能となってメンテナンス性が向上する。

(3)さらに、露光光路中の各光学素子に音響センサを設けているので、露光最中にも光学素子の汚染状態(すなわち、光学特性変化)を検出することができるという利点を有している。

(4)特に、集光点付近に配設された光学素子(例えば、光学素子7, 9)は照明光の熱量が大きいため光学特性の変化や汚染物質の付着が起きやすい。したがって、ここに配設された光学素子に音響センサを設ければ、光学素子のすべてに音響センサを設けなくても光学特性変化をいち早く検出することができる。

【0021】また、図2に示すように光学素子2~11が筐体21内の複数の密閉空間21a~21cに分割して収納される場合には、次のような利点がある。例えば、気密空間21b内のミラー3、ビームエキスパンダーレンズ4のみに光学特性変化が検知された場合は、気密空間21bに気密不良が生じたと判定することができる。このように、どの光学素子の光学特性が変化したかを検出することにより、どの箇所で窒素ガス置換不良となっているかを特定することができる。この場合、各気密空間21a~21c毎に少なくとも一つの光学素子に音響センサを設けるようにすれば良い。

【0022】上述した例では露光最中に測定を行う場合について説明したが、例えば、一日の間に定期間隔で測定のための照射をするようにしても良い。また、表示装置19に測定結果を表示したり、光学特性変化の生じた光学素子を表示するようにしてオペレータに情報を提供するようにしても良い。さらにまた、音響センサを照明光学系の光学素子に設ける場合について説明したが、投影光学系の光学素子(図1の投影光学系13)にも同様に適用することができる。

#### 【0023】-第2の実施の形態-

図4は本発明による投影露光装置の第2の実施の形態を示す図であり、図1、図2と同様の図である。図4において、41はフライアイレンズ6とリレーレンズ7との間の露光光路中に配置されるハーフミラーであり、ハーフミラー41で反射された光は汚染検出用光学素子42に入射する。光学素子42は光学素子5~11が収納される気密空間21cに設けられ(図2参照)、音響素子17が取り付けられている。

【0024】例えば、気密空間21cに気密不良が生じて外気が侵入すると、空気中に含まれるハイドロカーボン等の汚染物質が気密空間21c内の光学素子に付着する。当然、気密空間21cに設けられた光学素子42にも汚染物質が付着し、音響センサ42からの信号に変化が生じる。すなわち、音響センサ42の信号変化を捉えることによって気密空間21cの気密不良を検出することが可能となる。特に、汚染検出用光学素子を光路外に設けることにより、露光装置の光学設計に関係なくより光感度な材料を汚染検出用光学素子に用いることが

できる。光路中の光学素子に光学特性変化が生じる前に気密空間21cの気密不良を検出することができる。なお、図4では気密空間21c内に汚染検出用光学素子42を設けたが、同様に気密空間21a, 21b内に汚染検出用光学素子を設けることができる。また、汚染検出用光学素子に露光光を導くハーフミラーは、光路中であればどの位置でも良い。

【0025】以上説明した実施の形態では、各光学素子（ミラー3やリレーレンズ7等）の光学特性変化を光音響センサを用いて光音響測定法により検出したが、各光学素子の汚染状態を検出できる方法ならば他の検出方法、例えば、光学素子を強制的に振動させてその固有振動数の変化を検出することによって光学素子の汚染状態を検出するような方法等、を用いても良い。

【0026】本実施の形態では、光音響センサを取り付ける光学系として、照明光学系を構成する光学素子の少なくとも一つに取り付ける場合について説明したが、投影光学系を構成する光学素子の少なくとも一つに設けても良い。また、光学特性変化を光学素子の光吸収率に基づいて検出したが、光学素子の表面の透過率や、表面反射率に基づいて検出しても良い。さらに、光学素子の汚染状態が許容範囲を超えた場合は、光洗浄または光学素子の交換を行う前にアラームを出しても良い。なお、光洗浄を行う場合には、光音響センサを取り付けた複数の光学素子のうち最も光学特性の変化が大きい光学素子を特定し、その光学素子の汚染状態に合わせて光洗浄を行っても良い。

【0027】また、光学素子の汚染状態の度合いに応じて光洗浄時間を設定することも可能である。本実施の形態では、光源からの照明光としてArFエキシマレーザ光を用いて説明したが、紫外波長域の照明光、例えば、KrFエキシマレーザ光（波長248nm）、F2レーザ光（波長157nm）、さらに波長の短い軟X光等のEUVLを用いることも可能である。

【0028】さらにまた、光路全体を満たす不活性ガスとして窒素ガスを用いて説明したが、他のガス、例えば、ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン等の不活性ガスを用いても良い。

【0029】本発明では、ArFエキシマレーザ光源を用いたとき、気体中に存在する不純物の付着による光学素子の汚染状態が問題になる場合について説明したが、光源にi線（波長365nm）およびg線（波長436nm）の照明光を用いる露光装置で光学素子の曇り状態を検出する場合にも適用することが可能である。

【0030】露光装置としては、（a）マスクと基板とを同期移動してマスクのパターンを露光する走査型の露光装置や、（b）マスクと基板とを静止した状態でマスクのパターンを露光し、基板を順次ステップ移動させるステップアンドリピート型の露光装置にも適用することができる。また、露光装置の種類としては、半導体製造

用の露光装置に限定されることなく、例えば、角型のガラスプレートに液晶表示素子パターンを露光する液晶用の露光装置や、薄膜磁気ヘッドを製造するための露光装置にも広く適用できる。

【0031】また、上述した実施の形態によれば、以下のような露光方法や汚染された光学素子を特定する方法などが可能である。

（a）露光用光源からの露光光で照明されたパターンの像を光学系（照明光学系や投影光学系）を介して感光基板上に転写する露光方法において、光学系を構成する複数の光学素子の少なくとも一つに取り付けられたセンサで光学素子の光学特性変化を検知し、その検知結果に基づいて光学素子の汚染状態を検出するようにしたもの。

（b）露光用光源からの露光光で照明されたパターンの像を感光基板上に転写するための光学系を構成する複数の光学素子の少なくとも一つに、その光学素子の光学特性変化を検知するセンサを取り付け、その検知結果に基づいて汚染された光学素子を特定する方法。

【0032】また、露光用光源からの露光光で照明されたパターンの像を感光基板上に結像する光学系を備える露光装置において、光学系を構成する光学素子の少なくとも一つに光学素子の光学特性変化を検知するセンサを実施の形態で述べたように取り付け、光学素子の汚染状態を検出する検出器を前記センサに接続することにより組み立てられる露光装置も可能である。これらの構成要素は、上述した機能を達成するように電気的、機械的および光学的に連結される。

【0033】以上説明した実施の形態と特許請求の範囲の要素との対応において、レチクル12はマスクを、ウェハ14は感光性基板を、光音響センサ17、17a～17hはセンサを、演算部18は検出手段を、光学素子42は汚染検出用光学素子を、レチクルブラインド8は照明条件設定手段を、ハーフミラー41は光路分岐手段を、演算部18は判定手段をそれぞれ構成し、また、ビーム整形レンズ2で一つの光学素子群を形成し、ミラー3およびビームエキスパンダーレンズ4で一つの光学素子群を形成し、ミラー5、フライアイレンズ6、第1リレーレンズ7、レチクルブラインド8、第2リレーレンズ9、ミラー10およびコンデンサレンズ11で一つの光学素子群を形成する。

【0034】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、光学素子の光学特性変化を検知するセンサを光学素子自身に設けたので、光学素子を露光光路中に配設した状態で汚染検出ができ、露光最中でも汚染状態の検出が可能となる。また、複数の光学素子にセンサを設けることにより、どの光学素子が汚染されたかを特定することが可能となる。請求項2の発明によれば、どの光学素子が汚染されたかを調べることによって、どの空間の不活性ガス置換が不良であることを特定することができる。請求項

3の発明によれば、汚染が著しく生じやすい光学素子にセンサを設けたので、光学素子の汚染をより早く検出することができる。請求項4の発明によれば、照明条件の設定を変えた場合でも、照明条件に応じた光学特性変化補正パラメータで計測された光学特性変化を補正しているため、正確な特性変化検出を行うことができる。請求項5の発明によれば、汚染検出用光学素子を光路外に設けているので、汚染検出用光学素子の材料として露光装置の光学設計（例えば、収差や波長等）に関係なく良いものが使用でき、素子の選択範囲が広がる。請求項6の発明によれば、光学素子の光学特性変化が所定値より大となったときにその光学素子を特性不良と判定しているため、露光条件に影響がでるほど汚染されている光学素子を特定することができる。請求項7の発明によれば、光学特性変化として光学素子の光吸収率変化を計測するようにしているので、露光光の光量変化を的確に捉えることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による投影露光装置の第1の実施の形態を説明する図であり、露光装置の概略構成を示す。

【図2】照明光学系が筐体2に納められた状態を示す断面図。

【図3】音響信号を説明する図であり、(a)は時間的な信号波形を示し、(b)は特定の周波数に関する周波

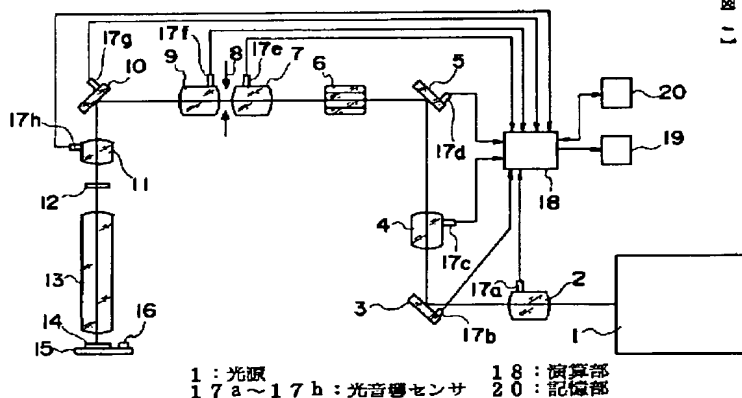
数成分を示し、(c)は光吸収率 $\alpha$ の時間的变化を示す。

【図4】本発明による投影露光装置の第2の実施の形態を説明する図であり、露光装置の概略構成を示す。

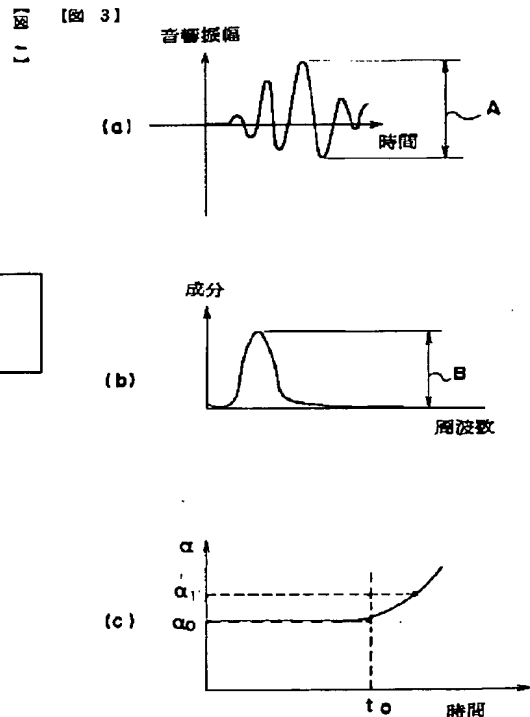
#### 【符号の説明】

- 1 光源
- 2 ビーム整形レンズ
- 3, 5, 10 ミラー
- 4 ビームエキスパンダーレンズ
- 6 フライアイレンズ
- 7, 9 リレーレンズ
- 8 レチクルブラインド
- 11 コンデンサレンズ
- 12 レチクル
- 13 投影光学系
- 14 ウェハ
- 17, 17a~17h 光音響センサ
- 18 演算部
- 20 記憶部
- 21 筐体
- 21a~21c 気密空間
- 41 ハーフミラー
- 42 光学素子

【図1】

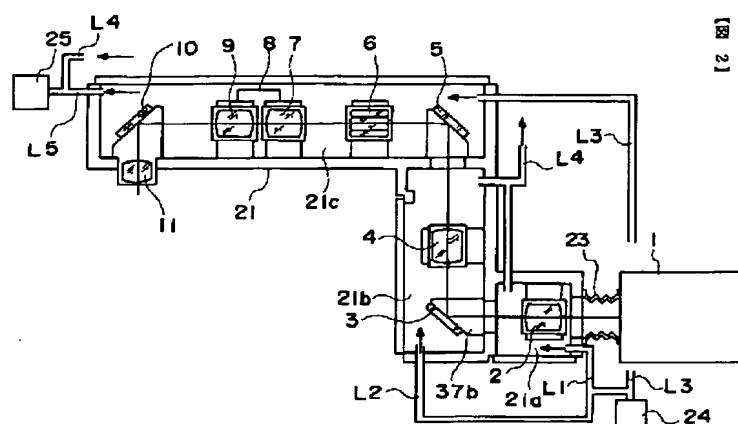


【図3】





**【例 2】**



**[ 4 ]**

